

태권도화의 운동과학적 연구

진영완* · 박승범¹동의대학교 특수체육학과, ¹부산신발산업진흥센터

Received July 23, 2008 / Accepted December 24, 2008

Research on Sports Science of Taekwondo Footwear. Young-Wan Jin* and Seung-Bum Park¹. Dept. of Special Physical Education, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea, ¹Busan Footwear International Promotion Center, Busan 618-210, Korea - The purpose of this study was to compare the biomechanical difference of barefoot and two types taekwondo footwear. which will provide scientific data to coaches and players, to further prevent injuries and to improve each players skills. How to an effect on human body which studied a kinematics and kinetics from 8 college students during experiments. This study imposes several conditions by barefoot and two types of taekwondo footwear ran under average 3.82 ± 0.59 m/sec for kinetics analysis. The result of comparative analysis can be summarized as below. Friction coefficient analysis showed A Company shoes 0.60 and M Company shoes 0.61. Ground reaction force also showed that statically approximates other results from impact peak timing ($p < 0.001$), Maximum loading rate ($p < 0.001$), Maximum loading rate timing ($p < 0.001$) and impulse of first 20 percent ($p < 0.001$). Moment was M Company shoes bigger than A Company shoes to pronation moment and supination moment.

Key words : Taekwondo, footwear, friction, moment

서 론

전문 스포츠화는 경기력 향상 및 선수 보호를 위해 개발된 이후 현재까지 그 기능과 역할에 따라 광범위하게 이용되고 있다. 이제는 전문 스포츠화 없이는 선수의 경기력 향상에 커다란 제한을 가져올 정도로 그 용도와 비중이 상당히 크다. 특히 올림픽대회의 활성화 이후 급속히 전 세계적으로 스포츠 대중화에 크게 기여하는 역할을 했으며 계속된 발전에 의해 기본적인 신발의 수단으로써, 경기력 향상을 위한 훌륭한 도구로써, 유행을 주도하는 패션으로써의 역할로 발전하여 왔다. 이러한 긍정적인 용도와 역할에 반해 태권도라는 스포츠 종목에서는 태권도화라는 점이 부정적 측면에서 바라보았다. 그 이유는 실제 경기 시 태권도화를 착용하지 않는다는 것과 태권도의 과학적이 못한 훈련 특성상 태권도화의 필요성을 느끼지 못했던 것이다. 그러나 태권도가 전세계적의 대중 스포츠로 자리 잡으면서 전문 스포츠업체에서 태권도화에 대한 제품 개발이 이루어지고 있다. 현재 세계최고의 신발 개발, 생산국이 우리나라 신발 기술과 국기인 태권도의 스포츠 대중성과 과학화라는 점에서 태권도화 개발에 많은 노력으로 개발 가능성이 큰 분야이기도 하다.

기존의 태권도화는 전문 기능성의 스포츠화가 아닌 일반적 인 신발의 특징인 발의 보호라는 일차적인 특징의 스포츠화 형태로 되어있다. 그러나 태권도의 과학적인 연구와 정립으로

태권도화의 개발이 전문 스포츠화라는 중요한 사안으로서 새로운 기술과 방법이 연구, 실용화 되고 있다. 현재 태권도화는 기능성, 디자인, 품질면에서 다른 스포츠화보다 개발이 많이 뒤쳐져 있다. 특히 국내 태권도의 과학적이 못한 훈련 및 고정 관념으로 국외 태권도화 개발에 비해 상당한 수준 차이를 보이고 있다. 그러나 체계적인 태권도의 과학적인 분석과 지속적인 연구와 개발을 통해 국외 태권도화 제품보다 우수한 태권도화 개발이 이룰 수 있다고 본다.

본 연구는 태권도 스포츠화 개발 과정의 과학적인 접근 방식으로 회전력이 더욱 더 강화되어 운동역학적인 분석을 통해 개발방향 및 신발의 구성 요소인 갑피(Upper), 저부(Sole), 소재 사용이 태권도 전문 기능화 측면에서 분석 적용한다면 태권도 전문 기능화 개발을 해결하는데 중요한 역할을 하게 될 것이다. 태권도 전문 기능화 개발을 위한 제안으로서 고급기술의 사용과 기능을 고려하여 회전력이 강화된 전문태권도화의 운동역학적인 특징을 분석하여 제품관련자들, 지도자 그리고 선수들에게 올바른 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험은 태권도화 바닥의 마찰계수, 피벗(pivot)동작을 할 때 나타나는 모멘트 그리고 빠르게 상대에게 접근해 차기동작을 실시하는 것을 감안하여 빠른 달리기 동작 시(3.82 ± 0.59 m/sec) 지면반력을 각각 실험을 통하여 구하였다. 태권도 실제 경기는 맨발로 진행되고 태권도화는 훈련 시에 착용하게 되는 점을 감안하여 맨발, 국내M사 태권도화 그리고 가장 대

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-2511, Fax : +82-51-890-2157

E-mail : ywjin@deu.ac.kr

중화 되어 있는 A사 제품을 비교하였다.

연구 대상

D대학교 태권도선수 8명을 선정하였다(Table 1). 이들은 모두 270 mm의 신발을 착용하는 대상자들이었다. 태권도화가 같은 종류라도 발의 종류에 따라 실험결과가 달라질 수 있으므로 이 점을 최소화하기 위하여 대상자들은 편평족(low-arched foot)과 고궁족(high-arched foot)이 아닌 정상족(normal foot)의 형태를 가진 사람으로 선정하였으며, 대상자들은 최근 1년간 하지의 상해를 입은 경력이 없었다. 이들의 신체적 특징은 Fig. 1과 같다.

실험 방법

마찰 계수

마찰력은 두면을 압박하는 힘에 비례하고, 면적에는 비례하지 않는데, 이 마찰력 F_f 는, $F_f = \mu N$ 과 같은 관계식이 성립한다. 여기서 N은 접촉면에 대한 수직력, μ 는 마찰계수를 표시하고 있다. 마찰력은 텐션계(T101-50k, Shimpo Yokogawa)를 이용하여 운동 동작의 방향에 따른 마찰 계수를 구하기 위하여 네 방향(운동화의 정면, 뒤, 내부, 외부)으로 분류해서 실험하였는데, 내부와 외부 방향으로의 마찰은 태권도화의 무게중심을 알아낸 다음에 그 부위와 직선인 방향으로의 장력을 측정하였다. 마찰력은 정적 마찰력(static friction)과 동적 마찰력(dynamic friction)으로 구별하여 동일한 조건으로 각각 5회씩 측정하였는데, 정적 마찰력은 움직임이 처음 일어날 때 드는 힘을 기록하였고, 동적 마찰력은 처음부터 일정한 속도로 움직일 때의 장력을 기록하였다. 태권화의 피벗이나 방향전환의 기능은 첫 번째와 두 번째 중족골 관절의 중앙이 위치하는 부위를 중심으로 일어나는 것으로 알려져 있다.

모멘트(회전 마찰력)

회전 마찰력(rotational friction 혹은 free moment of rotation)은 지면반력기의 수직축을 중심으로 발생하는 모멘트를 통해서 계산한다[4]. 운동화의 걸창에는 운동 중에 피벗(pivot)과 방향전환의 기능을 향상시키기 위하여 설계된 부분이 있는데, 이 부분에 회전이 일어나게 하는 모멘트가 작은 운동화는 피벗과 방향전환의 기능이 좋다고 해석할 수 있다[6]. 고정된 어떤 지점에 대하여 자유롭게 회전할 수 있게 되어 있는 물체

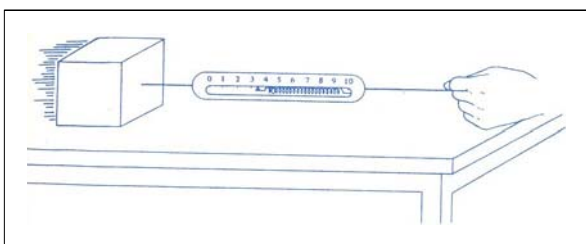


Fig. 1. Tension system (T101-50k, Shimpo Yokogawa).

에 힘 F가 작용하고 있을 때, 고정된 지점에서부터 작용선까지의 수직거리 L을 고정된 지점에 대한 모멘트 팔(moment arm)이라고 하는데 모멘트(M)는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$M = FL$$

A사, M사 모두 회내 모멘트는 r_1 즉 16.6 cm를 모멘트 아암으로 하고, 회외 모멘트는 r_2 즉 17.6 cm를 모멘트 아암으로 하여 모든 종류의 운동화에 공통적으로 실험하였다. 지면반력기는 ATMI제품(500Hz)을 사용하였으며 빠르게 달려와서 오른쪽으로 피벗 동작을 하였다.

지면 반력 변인

지면 접촉은 발이 지면에 닿는 첫 번째의 접촉순간으로 정의된다[5]. 보통 걷기와 달리기에서는 발의 뒷부분이 먼저 닿게 되고 점프할때는 발의 앞부분이 지면에 먼저 접촉하게 된다. 지면반력기를 이용한 연구는 이동운동, 달리기 시 충격과 킥킹 시 차기유형의 비교연구, 이와 관련된 상해와 기능성 신발의 연구에 주로 사용된다. 본 연구는 세 가지(맨발, A사, M사) 상황에서 빠르게 상대에게 접근해 차기동작을 실시하는 것을 감안하여 빠른 달리기 동작 시(3.82±0.59 m/sec) 지면반력을 구하였다.

결 과

마찰 계수

태권도화의 마찰계수는 다음의 Table 2와 같다. 운동을 할 때는 신발과 바닥면(ground)과의 마찰을 고려해야 한다. 농구화, 배구화 등과 같이 마찰을 크게하는 경우와 태권도화, 볼링화 등과 같이 마찰을 작게 해서 미끄러짐의 효과를 이용하는 경우이다. 표에서 보면 태권도화의 정면에서 구한 정적 마찰계수를 비교하여 보면 두 종류의 태권도화 모두 0.60과 0.61로 [6]이 연구한 마찰이 큼으로써 추진력을 증대시킬 수 있는 조강화(0.73), 마라톤화(0.85) 보다는 낮게 나타났다. [6]은 테니스화, 농구화의 마찰계수는 각각 0.64, 0.63으로 나타났는데 농구나 테니스의 운동 특성상 마찰이 높으면서도 정지시에 약간의 미끄러짐이 존재하여야 부상의 위험이 적은 종목의 특성으로

Table 1. Subject

Sub.	Height (cm)	Weight (kg)	Carrer (yr.)	Length of shoes (mm)	Years
1	175	66	10	270	21
2	177	68	10	270	21
3	178	69	10	270	22
4	179	68	10	270	22
5	180	72	11	270	21
6	181	74	11	270	21
7	182	77	11	270	22
8	182	75	10	270	22

Table 2. Mean of friction coefficient

Product	Front		Back		Inside		Outside	
	Static Friction Coef.	Dynamic Friction Coe.	Static Friction Coef.	Dynamic Friction Coe.	Static Friction Coef.	Dynamic Friction Coe.	Static Friction Coef.	Dynamic Friction Coe.
Adi.	0.60	0.59	0.53	0.52	0.59	0.57	0.59	0.58
Mooto	0.61	0.60	0.51	0.50	0.60	0.58	0.57	0.55

과악하였다. 단거리 육상화의 스파이크는 트랙표면에 따라서 적당한 길이를 갖도록 제작되어야 하며 필요한 마찰을 낼 수 있도록 힘의 작용점 부위에 4-6개를 적당한 형태로 부착해야 한다고 발표하였다[3]. 운동 경기 시 마찰이 적어서 쉽게 미끄러지게 되거나 또는 마찰이 커서 전혀 미끄러짐이 없는 운동화는 선수들에게 자칫 부상을 가져오게 된다. 그러므로, 발을 착지할 때 마찰로 인한 근소한 미끄러짐이 일어나면 관절부위에 받는 충격이 완화되는 마찰완충의 작용이 있으므로 태권도화의 연구 시에도 마찰완충의 정도를 고려하여 연구가 실시되어야 하겠다.

모멘트

M사 태권도화는 모멘트 효과를 높이기 위하여 첫 번째와 두 번째 중족골 관절 중간에 원형의 조각을 구성하여 회내(3.23Nm), 회외(2.70Nm) 모멘트 모두 A사의 태권도화 회내(3.20Nm), 회외(2.62Nm) 모멘트 보다 높게 나타냈다(Table 3). 농구화의 모멘트는 운동화 곁창의 모멘트 축이 원형조각으로 구성되어 회내는 3.22Nm, 회외는 3.12Nm로 나타났으며, 이것은 모멘트 효과를 높이기 위해서 제작된 운동화 였다[6]. 태권도 운동의 특성상 피벗과 방향전환이 많으므로 무토 태권도화는 첫 번째와 두 번째 중족골 지점에 원형모양을 구성하고 있는 것은 모멘트가 회내가 3.23Nm 회외가 2.70Nm로 다른 운동종목의 특성상 만들어진 운동화와는 차이를 보여주고 있어 태권도 종목에 알맞은 모멘트로 태권도화 바닥이 가로무늬만을

구성하고 있는 A사의 태권도화와 차이를 나타내었다(Fig. 2).

지면 반력

세 가지 조건에서 달리기 시 힘의 구성 요소(Fx anterior/posterior, Fy medio/lateral, Fz vertical)들은 세 가지 동작 모두 수직력면(Fz)에서는 최소 2개의 피크(perk)값이 나타나고 그다음으로 어느 정도의 값을 유지한 다음에 서서히 줄어드는 형태를 보여주고 있다. 좌우(Fy)면 힘과 전후(Fx)면 힘에서는 세 가지 조건 모두 좌우면으로 첫 번째 피크가 나타난 뒤에 전후면으로 피크가 나타나는 것을 볼 수 있었다. Fx (수직면력)는 Table 4에서 보는 바와 같이 세 조건에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 사후검증 결과 맨발과 A사제품, A사와 M사제품에서 차이가 나타났다. 풋볼(footdall)의 펀트 킥(punt kick) 연구에서 Fz는 1329N(체중의 비율;1.57)으로 나타났다[2]. 여기서 이들은 공의 거리와 지면 반력과는 반대의 관계가 있다고 설명하고 있다. 이것은 지지 다리가 지면을 힘 있게 구르는 것보다는 가볍게 밟아야 한다

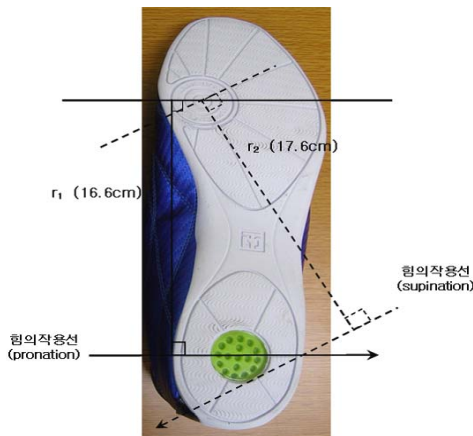


Fig. 2. Moment axis & moment arm.



Fig. 3. Force platform.

Table 3. Moment variable

Product	Moment (N.m)	
	Pronation	Supination
Adi.	3.20	2.62
Mooto	3.23	2.70

Table 4. Force platform variable

Variable	Barefoot	Adi.	Mooto
Max. Fz (N)	1578±129	1492±423	1381±362
Max. Fy (N)	294±43	271±81	268±184
Fz of impact (N)	1101±112	1130±201	989±72
Contact time of stance foot (sec)	0.274±.049	0.288±.051	0.321±.054
Time of first peak and second peak (sec)	0.016±.005	0.031±.005	0.013±.004

는 것이다. Table 4에서 보면 좌우면(medio/lateral)의 최고의 힘은 세 가지 조건 비교에 있어서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 주로 사용하는 발과 주로 사용하지 않는 발의 축구인스텝 킥 연구에서 좌우면의 힘은 몸무게의 1.07배와 1.00배로 나타났다고 발표하였다[1].

지지발의 접촉시간의 연구(Fig. 3)에서는 Table 4에서 보는 바와 같이 세 조건에서 유의한 차이를 발견하지 못하였다. 풋볼의 펀트킥 연구에서 지지발과 지면과의 적당한 접촉시간은 요구된 킥의 종류(distance kick 0.51, low kick 0.14, high kick 0.37)에 따라서 다양할 수 있다고 밝히고 있다[2]. 이러한 평균 시간들은 기대한 공의 거리와는 유의한 차이가 없었으나 투사 각도와는 상관이 있는 것으로 나타났다고 밝히고 있다. 본 연구의 접촉시간은 빠른 달리기 동작 시 다음 동작으로 빠르게 이루어져야 하기 때문에 펀트킥과는 차이가 있는 것으로 생각된다.

지면반력의 피크(prak) 곡선은 최소 2개가 나타나는데 이는 지지발의 뒤쪽이 먼저 닿고 나서 앞쪽이 닿는 형태를 보여주는 그림이다. 두 번째 피크는 Table 4에서 보는 바와 같이 세 조건에서 약간의 시간차이가 나타나고 있으나 유의한 차이를 나타내지는 않고 있다. 대상자에 따라서 두 번째 피크가 첫 번째 피크보다 오히려 크게 나타나는 경우도 있었고, 두 번째 피크가 나타나지 않는 대상자도 있었다.

고 찰

본 연구는 태권도화의 운동역학적 특성을 파악하기 위하여 얻은 결론은 다음과 같다. 정적마찰계수 비교는 A사 0.60, M사 0.61로 나타났다. 모멘트(회전 마찰력) 비교는 M사 태권도화가 회내(3.23Nm), 회외(2.70Nm) 모두 A사 태권도화 회내(3.20Nm), 회외(2.62Nm) 보다 높게 나타났다. 지면 반력 비교는 Fz의 값은 세가지 조건에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며(p<0.05), Fy의 최고의 힘은 세가지 조건에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Fx 보다 앞서 나타나는 피크의 형태를 보여주고 있다. 앞으로 연구에서는 피험자의

신체적인 조건을 다양화하여 태권도화가 피험자의 신체변화에 따라 기능을 어떻게 발휘하는지 복합적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 태권도 전문 기능화 개발을 위한 제안으로서 고급기술의 사용과 기능을 고려하여 회전력이 강화된 전문태권도화의 운동역학적인 특징을 분석하고자 하였다. 연구방법은 2가지 태권도화 종류를 이용하여, 텐션마찰계수 측정계와 지면반력기를 이용하여 얻은 결론은 다음과 같다. 정적마찰계수 비교는 A사 0.60, M사 0.61로 나타났다. 모멘트(회전 마찰력) 비교는 M사 태권도화가 회내(3.23Nm), 회외(2.70Nm) 모두 A사 태권도화 회내(3.20Nm), 회외(2.62Nm) 보다 높게 나타났다. 지면반력 비교는 Fz의 값은 세가지 조건에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며(p<0.05), Fy의 최고의 힘은 세가지 조건에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Fx 보다 앞서 나타나는 피크의 형태를 보여주고 있다.

References

1. Barfield, W. R. 1995. Effects of selected kinematic and kinetic variables on instep kicking with domination and non-domination limbs. *Journal of Human Movement Studies* **29**, 172-251.
2. Kermond, J. and S. Konz. 1978. Support leg loading in punt kicking. *Research Quarterly* **49**, 71-79.
3. Laananen, H. and C. H. Brooks. 1978. Determination of Critical Parameters for spiked track shoe design through analysis of sprinter motion. *J. Biomechanics VI-A*, Vol. I. 2A.
4. Lee, J. S. and S. K. Park. 2004. Rotational friction of different soccer stud. *Korean Journal of Sport Biomechanics* **14**, 121-138.
5. Macmillan, M. B. 1975. The determination of the flight of the kicked foot-ball. *Research Quarterly* **46**, 48-57.
6. Oh, J. S. 1984. A study on the mechanical characteristics of sports shoes. *yonsei univ. master degree*.